

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

2.1.1. Definisi Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata “*ergo*” dan “*nomos*” yang dalam bahasa Yunani berarti kerja dan hukum (Anies, 2014; Madyana, 1996), sehingga dapat dikatakan bahwa ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari manusia dalam hubungannya dengan pekerjaannya (Madyana, 1996). Istilah ergonomi menurut International Labour Organization (ILO) adalah *penerapan ilmu biologi manusia sejalan dengan penerapan ilmu rekayasa untuk mencapai penyesuaian bersama untuk pekerjaan dan manusia secara optimal agar tujuan bermanfaat demi efisiensi dan kesejahteraan* (Anies, 2014).

Definisi lainnya mengenai ergonomi dalam jurnal “*The Association between Ergonomic Risk Factors, RULA Score, dan Musculoskeletal Pain among School Children: A Preliminary Result*” menyebutkan bahwa “*Ergonomics is a science that seeks to comfort the workstation dan all of its physiological aspects to the human*”.

2.1.2. Prinsip Ergonomi

Ergonomi bertujuan untuk merancang sistem yang aman, nyaman dan efisien (Madyana, 1997) dengan mengenal prinsip- prinsip ergonomi baik yang berlaku dalam industri maupun sektor formal (Anies, 2014)

Berikut ini merupakan contoh prinsip- prinsip ergonomi:

- a. Sikap tubuh dalam pekerjaan sangat dipengaruhi oleh bentuk, susunan, ukuran dan tata letak peralatan, penempatan alat- alat penunjuk, cara- cara harus memperlakukan peralatan, seperti macam gerak, arah, dan kekuatan.
- b. Pada normalisasi ukuran peralatan, harus diambil ukuran terbesar sebagai dasar, untuk selanjutnya dapat diatur, misalnya ukuran dibesarkan dan dikecilkan, atau dapat dinaik turunkan, disetel maju atau mundur, dan lain- lain.
- c. Ukuran- ukuran kerja dengan menganut prinsip antropometri harus menjadi pertimbangan utama, misalnya pada pekerjaan tangan yang dilakukan dengan berdiri, tinggi kerja sebaiknya 5-10 cm di bawah tinggi siku. Apabila pekerja sambil berdiri dengan pekerjaan di atas meja dan jika dataran tinggi siku disebut 0, hendaknya dataran kerja yang memerlukan ketelitian harus $0+(5-10)$ cm. Sementara untuk pekerjaan berat seperti mengangkat barang berat yang memerlukan kerja otot- otot punggung adalah $0-(10-20)$ cm.
- d. Ditinjau dari sudut otot, sikap duduk yang paling baik adalah sedikit membungkuk. Namun, dilihat dari sudut tulang lebih baik tegak agar punggung tidak bungkuk dan perut tidak lemas. Karena hal tersebut maka dianjurkan memiliki sikap duduk yang tegak, diselingi istirahat dengan sedikit membungkuk.
- e. Arah penglihatan untuk pekerjaan yang berdiri adalah 23-37 derajat ke bawah. Arah penglihatan ini sesuai dengan sikap kepala yang istirahat sehingga tidak mudah lelah.
- f. Gerakan ritmis seperti memutar roda, mengayuh, mendayung, memerlukan frekuensi optimal yaitu 60x/menit.

- g. Beban tambahan akibat lingkungan harus ditekan sekecil mungkin.
- h. Batas kesanggupan kerja sudah tercapai, apabila bilangan nadi kerja mencapai 30/menit di atas bilangan nadi istirahat. Sementara nadi kaki tersebut tidak terus menanjak dan sehabis bekerja pulih kembali pada nadi istirahat setelah lebih kurang 15 menit.
- i. Kemampuan seseorang bekerja sehari- hari adalah 8-10 jam. Lebih dari itu efisiensi dan kualitas kerja sangat menurun.
- j. Kondisi mental psikologis dipertahankan dengan motivasi, iklim kerja yang baik, dan lain- lain (Anies, 2014).

2.1.2.1. Sikap tubuh dalam bekerja harus memperhatikan hal- hal berikut:

- a. Melakukan pergantian sikap pada semua pekerjaan, yakni duduk dan berdiri secara bergantian.
- b. Mengusahakan memperkecil beban statik atau jika memungkinkan hindari semua sikap tubuh yang tidak normal.
- c. Desain tempat duduk dibuat nyaman mungkin sehingga tidak membebani dan tidak menekan bagian tubuh (paha), tetapi diharapkan otot- otot yang tidak digunakan bekerja menjadi rileks untuk mencegah terjadinya gangguan sirkulasi darah dan sensibilitas paha, serta menjaga dari hal- hal yang dapat mengganggu aktivitas kerja misalnya kesemutan (Anies, 2014).

2.1.2.2. Mengangkat dan Mengangkut

Faktor faktor yang mempengaruhi kegiatan mengangkat dan mengangkut beban antara lain (Suma'mur, 1989 dalam Anies, 2014):

- a. Beban yang diperbolehkan, jarak, dan intensitas pembebanan kondisi lingkungan kerja.

- b. Keterampilan.
- c. Peralatan kerja serta keamanannya.
- d. Pada kegiatan mengangkat dan mengangkut perlu diperhatikan anatomis dari tubuh khususnya tulang belakang yang memiliki bentuk normal “S” terbalik yang terdapat bentukan lengkungan yang disebut *kifosis* pada bagian tulang dada dan *lordosis* pada susunan tulang yang melengkung ke depan di pinggang (Anies, 2014).
- e. Cara mengangkat dan mengangkut beban akan mempengaruhi struktur anatomis pada tulang belakang, pengangkatan beban dengan teknik yang salah secara tiba-tiba dapat merobek bagian luar lempeng yang menyebabkan bagian dalam lempeng menonjol keluar dan menekan saraf-saraf sekitarnya. Keluhan yang muncul adalah sakit pinggang (*lumbago*) bahkan kelumpuhan (Anies, 2014).

2.1.2.3. Ergonomi pada Tas Anak

Tas pada anak merupakan salah satu alat vital saat membawa peralatan sekolah mulai dari buku dan peralatan tulis lainnya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, “tas adalah kemasan atau wadah berbentuk persegi dan sebagainya, biasanya bertali, dipakai untuk menaruh, menyimpan, atau membawa sesuatu”.

Desain tas banyak berkembang, dalam beberapa blog menerangkan tentang tipe-tipe tas yang dikenal masyarakat, namun pada penelitian yang dilakukan Legiran (2012), tipe tas yang sering dijumpai digunakan pada anak-anak di salah satu sekolah di Indonesia adalah tas punggung dan tas bahu.



(Jia, Shi dan Feg, 2015 ; Jensen *et al*, 2014)

Gambar 2.1.2.3

Gambar tas yang paling banyak digunakan anak usia sekolah, (a) *backpack* atau tas punggung, (b) *single shoulder bag* atau tas pundak satu tali.

Berat tas yang direkomendasikan bagi anak maksimal adalah 10% dari berat tubuh anak, tapi dalam beberapa penelitian menyebutkan bahwa berat tas sebesar 10% berat tubuh sudah dapat mempengaruhi struktur anatomis tubuh khususnya masalah muskuloskeletal (Gong *et al*, 2010; Drzał-Grabiec *et al*, 2013).

2.2 Anatomi Kaki (Pedis)

Kaki merupakan bagian dari ekstermitas inferior yang paling distal yang memiliki peran penting untuk menyangga berat tubuh dan sebagai daya pindah dari satu tempat ke tempat yang lain (lokomosi) (Moore dan Agur, 2002). Kaki terdiri dari susunan tulang yang meliputi *tarsal*, *metatarsal*, dan *phalanx* (Moore dan Dalley, 2013) yang satu kesatuannya saling mengait menyusun kaki seseorang (Moore dan Agur, 2002).

2.2.1. *Fascia Profunda*

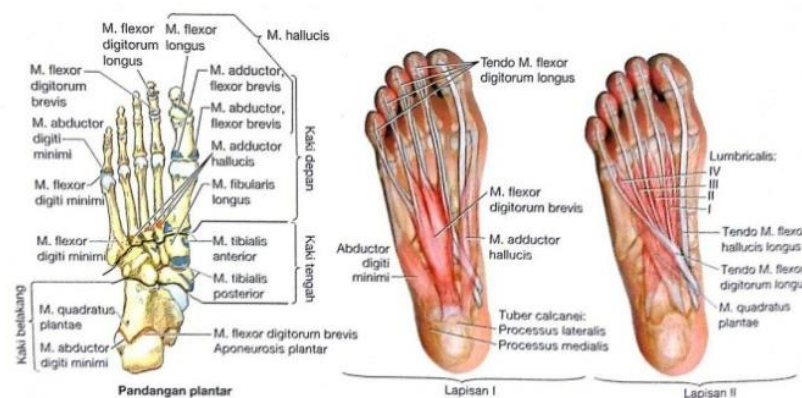
Dorsum pedis memiliki *Fascia profunda* tipis yang merupakan lanjutan *retinaculum musculorum extensorum inferius*. *Fascia profunda* bersinambungan dengan *aponeurosis plantaris* pada kaki bagian *lateral* dan *posterior*. *Fascia plantaris* terdiri dari tiga bagian yaitu tengah yang tebal membentuk *aponeurosis plantaris* kuat, bagian *lateral* dan *medial* yang bersifat lemah dan tipis (Moore dan Dalley, 2013).

“*Aponeurosis* ini terdiri dari berkas serabut jaringan ikat padat yang teratur longitudinal, dan membantu mempertahankan lengkung- lengkung kaki longitudinal dan untuk mempertahankan kesatuan unsur- unsur kaki. Sebelah *posterior aponeurosis* ini berasal dari *caclaneus* dan bercabang menjadi lima berkas, masing- masing membelah menjadi dua pada ujung distal untuk mencangkum tendon jari kaki yang melekat pada tepi- tepi sarung jaringan ikat digital dan pada *ossa sessamoidea metatarsalis I*, dan tepi- tepi *aponeurosis* bagian sentral, sekat- sekat vertical meluas ke dalam untuk membentuk tiga kompartemen telapak kaki : sebuah kompartemen medial (*musculus abduktor hallucis*, *musculus flexor hallucis brevis*, *nervus* dan *pembuluh plantaris medialis*), sebuah kompartemen lateral (*musculus abduktor digiti minimi* dan *musculus flexor digiti minimi brevis*), dan sebuah kompartemen sentral (*musculus flexor digitorum brevis*, *musculus flexor digitorum longus*, *musculus quadratus plantae* [*musculus flexor accessorius*], *musculi lumbricales*, bagian proksimal *tendo musculus flexor hallucis longus*, serta *nervus* dan *pembuluh plantaris lateralis*).” (Moore dan Agur, 2002).

2.2.2. Otot Kaki

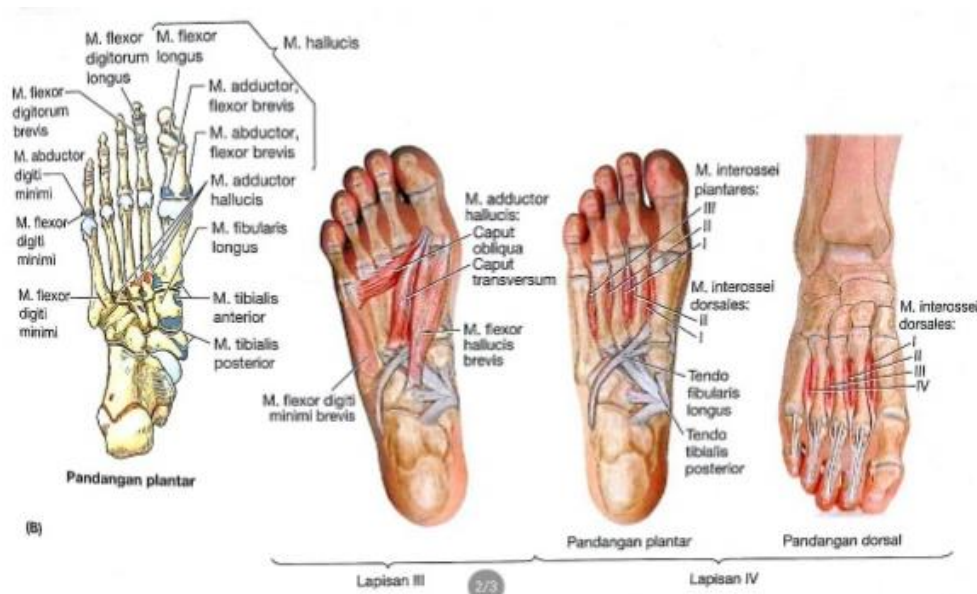
Pada 14 otot kaki yang terletak pada aspek plantar, terdapat empat lapisan otot dalam empat kompartemen. Empat lapisan dan empat kompartemen tersebut secara bersama berfungsi untuk mempertahankan lengkung- lengkung kaki selama fase penopang sikap berdiri (Moore dan Dalley, 2013). Otot- otot tersebut memungkinkan manusia berdiri di atas tanah yang tidak rata. (Moore dan Agur, 2002). Susunan otot- otot pada kaki dapat dilihat pada gambar 2.2.2a dan 2.2.2.b.

Ketika tumit kaki (ujung *posterior arcus*) menerima beban maka otot akan menahan kekuatan dengan cenderung menurunkan *arcus longitudinalis* yang kemudian dipindahkan ke *anterior* yaitu pada *ball of the foot* dan ibu jari kaki. Ketika daya cenderung menurunkan kelengkungan transversal pada kaki, penstabilan kaki untuk mendorong pada bagian akhir gerakan membuat otot menjadi paling aktif yang secara bersamaan otot juga membuat kaki mampu menyesuaikan permukaan tanah atau lantai yang tidak rata dengan usaha memperhalus otot panjang sehingga menimbulkan supinasi dan pronasi pada kaki saat menapak (Moore dan Dalley, 2013).



(Moore dan Dalley, 2013)

Gambar 2.2.2a
Anatomi otot telapak kaki lapisan I dan II



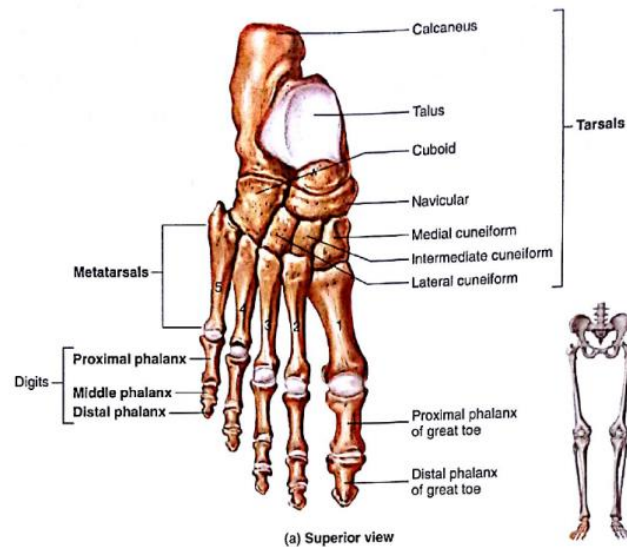
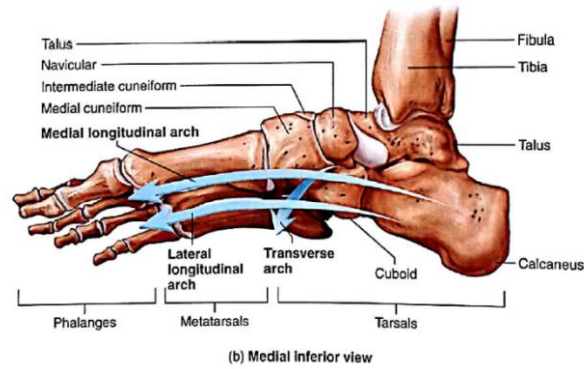
(Moore dan Dalley, 2013)

Gambar 2.2.2b
Anatomi otot telapak kaki lapisan III dan IV

Pada gambar 2.2.2a dan 2.2.2b tampak diantara lapisan otot telapak kaki terdapat dua bidang *neurovascular* : diantara lapis otot pertama dan kedua terdapat sebuah bidang superfisial, dan sebuah bidang profunda diantara lapis otot ketiga dan keempat (Moore dan Dalley, 2013). Bagian *lateral dorsum pedis* (*anterior* dari *maleolus lateralis*) terbentuk massa daging oleh dua otot yang lebar dan tipis yakni *musculus extensor digitorum brevis* dan *musculus extensor hallucis brevis* yang juga merupakan bagian dari *musculus extensor digitorum brevis* dan keduanya saling berhubungan erat (Moore dan Agur, 2002).

2.2.3. Tulang Kaki

Tulang penyusun kaki terdiri dari tarsal, metatarsal dan phalanx yang tersusun saling mengait satu sama lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.3.



(Selley, 2008)

Gambar 2.2.3
Tulang Kaki Kanan

a. *Tarsal*

Terdapat 7 ossa tarsalia pada proksimal kaki (Selley, Stephens, dan Tate, 2008), yang terdiri dari :

- 1) **Talus** (*ankle bone*) yang bertikulasi dengan *fibula* dan *tibia* untuk membentuk ankle pada kaki (Selley, Stephens, dan Tate, 2008). Tulang ini terdiri dari *corpus*, *collum* dan *caput*. *Talus* merupakan satu-satunya tulang tarsal yang tidak memiliki perlekatan dengan otot maupun tendinosa. (Moore dan Dalley, 2013)
- 2) **Calcaneus**, bersama dengan *talus* akan mengisi dua pertiga posterior dari kaki belakang (Moore dan Dalley, 2013). Tulang ini merupakan penyusun telapak

kaki yang paling besar dan kuat (Selley, Stephens, dan Tate, 2008). *Calcaneus* menopang sebagian besar beban tubuh dari *talus* ke lantai saat seseorang dalam posisi berdiri (Moore dan Dalley, 2013).

- 3) **Navicular**, berada diantara *ossa cuneiforme* dan *caput tali* (Moore dan Agur, 2002). *Navicular* dan *cuneiformei* menempati sepertiga anterior dari kaki. *Os Navicular* memiliki bentuk menyerupai kapal dengan permukaan rata yang terletak diantara *caput tali* dan di posterior dan tiga *os ceneiforme* di anterior (Moore dan Dalley, 2013).

“Permukaan *medial os naviculare* berproyeksi di inferior untuk membentuk *tuberositas ossis navicularis*, suatu tempat yang penting untuk pelekatan *tendo* karena batas medial kaki tidak terletak di atas lantai, seperti batas lateral. Malahan, bagian tersebut membentuk *arcus longitudinalis pedis*, yang harus ditopang oleh bagian tengah. Jika terlalu menonjol, *tuberositas* tersebut dapat menekan bagian medial sepatu dan menyebabkan nyeri pada kaki” (Moore dan Dalley, 2013).

- 4) **Os cuboideum** adalah tulang paling lateral pada baris *ossa tarsi distal* (Moore dan Agur, 2002) yang berbentuk mirip kubus dengan adanya bangunan sulcus tempat untuk *tendo musculus fibularis longus* pada permukaan lateral dan inferior tulang di anterior *tuberositas ossis cubodei* (Moore dan Dalley, 2013).
- 5) Ketiga **os cuneiforme** yang terdiri dari *os cuneiforme mediale*, *os cuneiforme intermedium*, dan *os cuneiforme laterale* (Moore dan Agur, 2002). Struktur paling kecil dari ketiga os tersebut adalah *cuneiforme intermedia*, sedangkan *cuneiforme mediale* merupakan *os cuneiforme* yang paling besar. Ketiganya tadi akan berartikulasi dengan *os naviculare* di posterior dan dasar

metatarsalnya yang sesuai di anterior. Selain itu, *os cuneiforme laterale* juga membentuk artikulasi bersama *os cuboideum* (Moore dan Dalley, 2013).

b. Metatarsal

Kaki depan, terdiri dari lima ossa dengan pemberian angka yang dimulai dari sisi medial kaki (Moore dan Agur, 2002). *Metatarsal I* berukuran besar dan memiliki peran penting untuk mempertahankan keseimbangan pada tubuh (Faiz dan Moffat, 2005) selain itu tulang ini lebih pendek dan kuat, sedangkan *metatarsal II* berukuran paling panjang di antara semua *os metatarsal*. Setiap *metatarsal* memiliki *corpus*, *caput* di distal yang berartikulasi dengan *phalanx proksimal*, dan dasar di proksimal yang berartikulasi dengan *cuneiforme* dan *cuboideum* (Moore dan Dalley, 2013).

Metatarsal dan *phalanges* terletak pada separuh kaki depan, sedangkan *ossa tarsalia* pada separuh kaki belakang, hal itu karena *linea tarsometatarsalia oblik* yang dibentuk oleh *articulatio tarsometatarsalia* menggabungkan titik tengah batas lateral dan medial yang lebih pendek pada kaki (Moore dan Dalley, 2013).

c. Phalanx

Tulang pada jari kaki, sebagaimana pada jari tangan disebut dengan *phalanges* (Saladin, 2010) yang terdiri dari empat belas *palanges* yang dimulai dari ibu jari sebagai jari I sampai jari kelingking sebagai jari V. Pada masing- masing jari memiliki 3 *palanghes* yaitu: proksimal, media, dan distal, kecuali pada jari I yang hanya memiliki 2 *phalanges* (proksimal dan distal) (Moore dan Agur 2013).

Masing- masing *phalanx* terdiri dari bentukan dasar pada proksimal, *corpus*, dan disebelah distal disebut *caput*. Phalanges jari I pendek, lebar dan kuat. Pada

orang lanjut usia *phalanx media* dan distalis jari V dapat menyatu. (Moore dan Dalley, 2013).

2.2.4. Ligamen Kaki

Terdapat tiga ligamen utama yang menyusun plantar kaki:

a. *Ligamentum calcaneonaviculare plantare (spring ligament)*

Menyilang dan mengisi celah berbentuk baji di antara *sustenaculum tali* dan pinggir inferior permukaan *artikular posterior os naviculare*, *ligamentum calcaneonaviculare* dan ligamen- lgemen lain yang lebih kuat dan lebih besar dari *ligamentum- ligamentum dorsalis* menyatukan (mengikat) pinggir- pinggir bawah tulang *Arcus longitudinalis medialis* (Snell Richard, 2006). *Ligamentum* tersebut menopang *caput tali* dan memiliki peran penting dalam pemindahan berat dari *talus* dan dalam mempertahankan *arcus longitudinalis kaki*, yang merupakan unsur paling utama (Moore dan Dalley, 2013).

b. *Ligamentum plantare longum*

Berjalan dari permukaan *plantar calcaneus* ke *sulcus* pada *os. Cuboideum*. Beberapa seratnya memanjang ke *basis metatarsalia* sehingga membentuk suatu kanal untuk tendo *M. fibularis longus* (Moore dan Dalley, 2013). *Ligamentum* ini mengikat jadi satu pada pinggir- pinggir bawah tulang *arcus longitudinalis lateralis* (Snell Richard, 2006) yang penting dalam mempertahankan *arcus longitudinalis kaki* (Moore dan Dalley, 2013; Snell Richard 2006).

c. Ligamentum calcaneocuboideum plantare

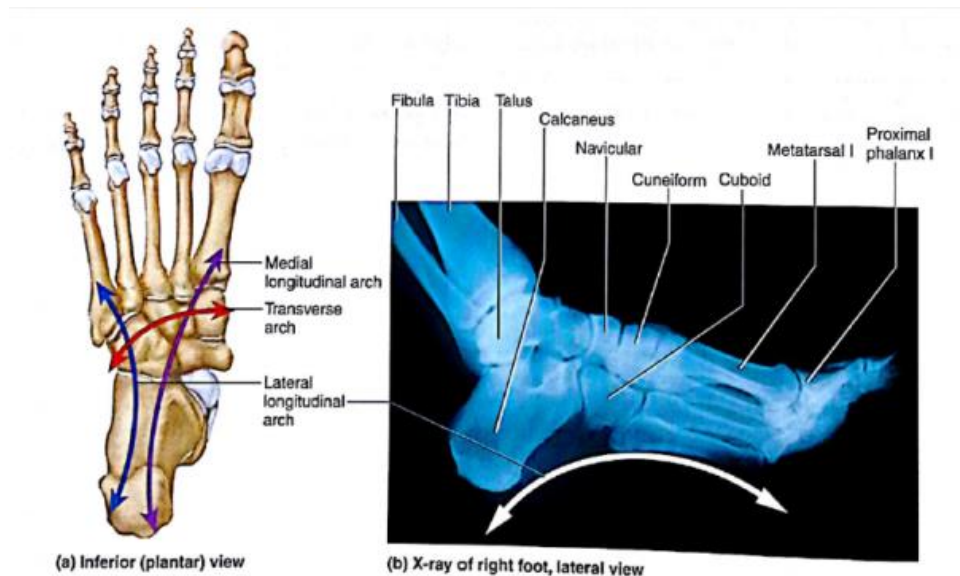
Terletak pada suatu bidang di antara *ligamentum calcaneonaviculare plantare* dan *ligamentum plantare longum*. Ligamentum tersebut memanjang dari aspek anterior permukaan inferior *calcaneus* ke permukaan inferior *os. cuboideum*. Ligamentum tersebut juga terlibat dalam mempertahankan *arcus longitudinalis* kaki (Moore dan Dalley, 2013).

2.2.5. Lengkung- Lengkung Kaki

Lengkung telapak kaki (*Arcus*) merupakan salah satu komponen penting untuk mendukung tubuh, selain itu juga dapat melindungi kaki dari luka (Idris, 2005; Xiong *et al*, 2010). Kaki yang memiliki struktur bersegmen hanya mampu menahan berat badan bila tersusun menjadi bangunan melengkung (Snell Richard, 2006). Bentuk melengkung yang ada pada kaki dipertahankan oleh konfigurasi tulang, ligamen penghubung antar tulang, dan otot-otot yang bekerja pada kaki (Selley, Stephens, dan Tate, 2008).

Kaki memiliki tiga *arcus* utama berupa dua bentuk lengkungan yaitu *longitudinal* (*Medial Longitudinal Arch* dan *Lateral Longitudinal Arch*) dan *transversal arch*, yang berfungsi untuk mendistribusikan berat badan diantara tumit dan bantalan kaki selama berdiri maupun berjalan. Lengkung- lengkung ini merupakan rancangan untuk meredam guncangan sewaktu menahan berat tubuh dan memberikan gaya dorong ke depan saat berjalan. Kelenturannya membuat kaki dapat menyesuaikan diri pada beban dan permukaan yang ditapakinya (Selley, Stephens, dan Tate, 2008; Moore dan Agur, 2002), sehingga *arcus* akan menjadi agak rata saat posisi berdiri karena menahan berat badan dan normalnya bentuk

kurvatura akan kembali bila tubuh diangkat (Moore dan Dalley, 2013). Perhatikan anatomi tiga arcus kaki yang ditunjukkan pada gambar 2.2.5 berikut.



(Saladin, 2010)

Gambar 2.2.5
Lengkung pada Kaki

Tiga arcus pada kaki manusia meliputi:

a. *Medial Longitudinal Arch (MLA)*

Arcus pedis longitudinalis pars medial secara fungsional memiliki posisi lebih tinggi dan penting daripada *arcus pedis longitudinalis pars lateral* (Moore dan Dalley, 2013). Lengkungan ini dibentuk oleh *calcaneus*, *talus*, *ossa navicula*, dan *tiga ossa cuneiforme* terdiri atas *calcaneus*, *talus* (*apex arcus*), *os navicula*, dan *tiga os cuneiforme* serta *tiga metatarsal mediale* (Faiz dan Moffat, 2005).

“*Arcus* ini dipersatukan oleh *spring ligament*, otot-otot, dan didukung oleh *mm. Tibialis anterior* dan *posterior*” (Faiz dan Moffat, 2005).

b. *Lateral Longitudinal Arch (LLA)*

LLA tersusun dari *ossa calcaneus*, *ossa cuboid* dan dua *ossa metatarsal lateralis* yang dipersatukan oleh *ligamentum plantarelongum* dan *brevis*, serta

didukung oleh adanya *mm. peroneus longus* dan *brevis* (Faiz dan Moffat, 2005). Pada posisi berdiri, arcus ini akan berada di lantai, berbeda dengan *medial longitudinalis arcus* yang posisinya lebih tinggi sehingga tidak bersentuhan dengan lantai (Moore dan Dalley, 2013).

c. *Tansversal arch*

“*Arcus transversalis* berjalan dari samping ke samping” (Moore dan Dalley, 2013). Lengkungan ini dibentuk oleh tulang *cuneiforme* dan *basis metatarsal* yang dipersatukan oleh dua *ligamen* dan *musculus* yaitu *ligamentum transversum provunda*, *ligamen plantare*, dan *m. interosei*, serta mendapat dukungan dari *musculi peroneus longus* dan *brevis* (Faiz dan Moffat, 2005).

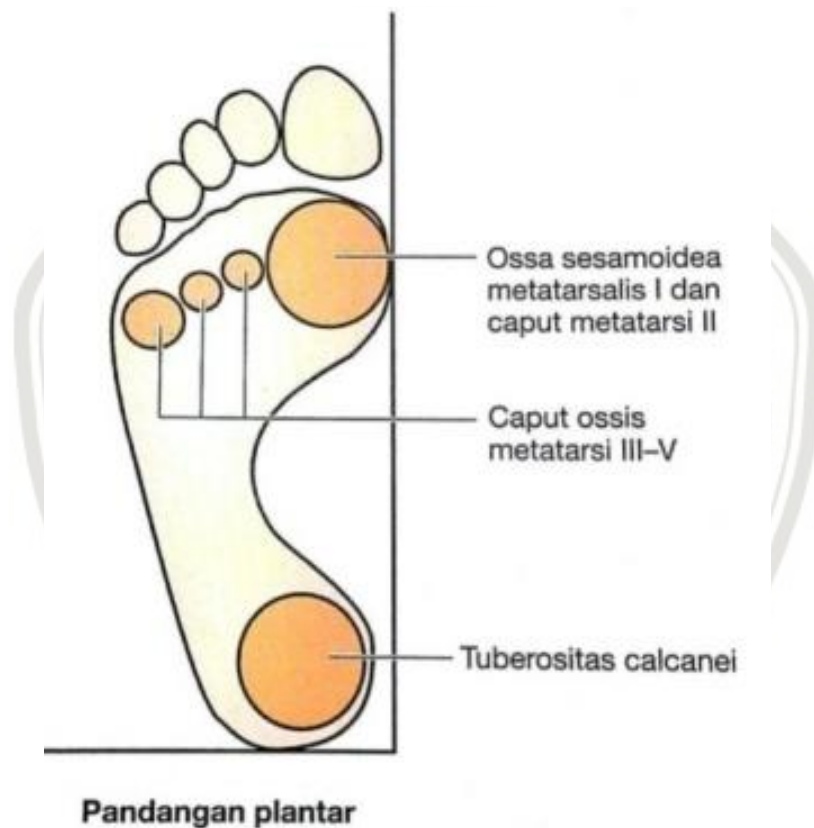
2.2.5.1. Kerjasama Ketiga Arcus

Sebagai pilar *arcus transversus* terdapat dua bangunan *arcus longitudinalis* yaitu *pars medialis* dan *lateralis arcus*, sedangkan untuk memepertahankan kurvatura pada *arcus transversus*, *tendo fibularis longus* dan *tibialis posterior* meyilang dibawah telapak kaki menyerupai pemijak kaki, yang dipertahankan oleh faktor pasif dan topangan dinamik (Moore dan Dalley, 2013). Secara fungsional kedua *arcus longitudinalis* bekerja sama sebagai satu kesatuan dengan *arcus transversalis* untuk menyebarkan beban ke segala arah. Faktor pasif yang terlibat dalam pembentukan dan mempertahankan ketiga *arcus pedis* meliputi (Moore dan Dalley, 2013):

- a. Bentuk tulang- tulang yang menyatu (kedua *arcus*, terutama *arcus tranversalis*)
- b. Empat lapisan berturut- turut jaringan fibrosa yang menjadi tali busur *arcus longitudinalis* (dari *superfisial profunda*):

1. *Aponeurosis plantaris*.
2. *Ligamentum plantare longum*.
3. *Ligamentum calcaneocuboideum plantare*.
4. *Ligamentum calcaneonaviculare plantare*.

Kerjasama ketiga *arcus* yang membentuk area penahan berat pada kaki diilustrasikan pada gambar 2.2.5.1.



(Moore dan Dalley, 2013):

Gambar. 2.2.5.1
Area Penahan Berat Kaki.

2.2.5.2. Kelainan *Arcus Longitudinal Medial* Kaki

a. *High-arch*

High-arch yaitu kaki dengan gambaran lengkungan yang tinggi. Hal ini dipengaruhi adanya ketidak seimbangan otot karena anomali perkembangan di

segmen yang lebih rendah dari sumsum tulang belakang. Beberapa survei menyebutkan bahwa kondisi ini memiliki angka kejadian berkisar 14,6- 25,8 % (Woźniacka *et al*, 2013).

b. Flatfoot

Flatfoot atau pes planus (Kaki ceper) adalah bentuk kaki normal pada anak yang baru lahir sampai menginjak usia sepuluh tahun (Chen *et al*, 2013; Lee *et al*, 2015) dan disebabkan oleh tebalnya bantalan lemak subkutan pada telapak kaki (Moore dan Dalley, 2013), dimana di usia prasekolah merupakan periode utama terbentuknya lengkungan pada kaki (Lee *et al*, 2015). Lemak akan menghilang dan arcus longitudinalis medialis akan mulai terlihat seiring berjalannya usia anak.

Flatfoot dapat bersifat *fleksible* atau *rigid* (Moore dan Dalley, 2013).

1) Fleksible Flatfoot

Fleksible flatfoot yaitu apabila kaki tampak ceper (tidak tampak arcus longitudinalis medialis) saat menahan berat, tapi akan kembali normal saat beban dihilangkan. Sering disebabkan oleh adanya degenerasi atau hilangnya *ligamentum* intrinsik. Tampak pada masa kanak-kanak tetapi akan menghilang seiring bertambahnya usia maturitas dari ligamennya, walaupun ada beberapa diantaranya menetap sampai dewasa dan dapat bersifat simptomatik maupun tidak. (Moore dan Dalley, 2013; Stavlas *et al*, 2005).

2) Rigid Flatfoot

Kelainan ini kemungkinan disebabkan oleh deformitas tulang (misalnya fusi *ossa tarsi* yang berdekatan) pada riwayat *rigid flatfoot* saat masa kanak-

kanak. *Arcus* jatuh disebabkan adanya trauma, degenerasi seiring bertambahnya usia, dan denervasi yang menyebabkan disfungsi pada topangan arcus dinamik (*M. Tibialis posterior*) (Moore dan Dalley, 2013).

Pada keadaan tanpa topangan pasif atau dinamik normal, *ligamentum calcaneonaviculare plantare* gagal menopang *caput tali*. Akibatnya, *caput tali* bergeser ke inferomedial dan menjadi menonjol. Akibatnya, beberapa perataan *pars medialis arcus longitudinalis* terjadi, bersamaan dengan deviasi lateral kaki depan. Penyebabnya dapat karena berdiri lama atau meningkatnya berat badan secara signifikan sehingga stress pada otot-otot kaki dan tegangan pada ligamentum yang menopang lengkung kaki bertambah. Hal ini sering terjadi pada orang lanjut usia (Moore dan Agur, 2002).

2.2.5.3. Menilai *Arcus Longitudinalis Medial* Kaki

Terdapat dua cara menilai lengkung kaki pada manusia:

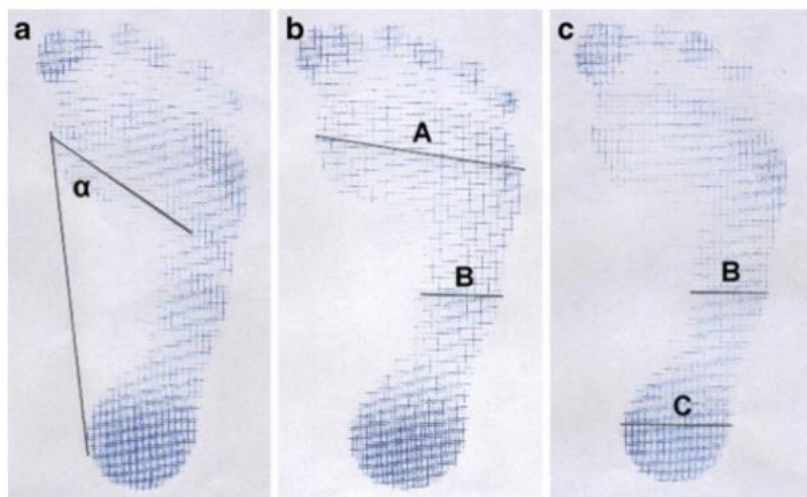
a. Metode *direct*

Metode yang termasuk dalam kelompok ini adalah pengukuran *somatometric*, klinis, penilaian, evaluasi radiografi, dan ultrasonografi kuantifikasi (Woźniacka *et al*, 2013; Idris, 2005).

b. Metode *indirect*

Metode ini sering digunakan pada untuk menilai *MLA*, yang termasuk dalam kelompok ini adalah *footprint* menggunakan tinta maupun *digital* (dapat statis atau dinamis) dan teknik fotografi (Woźniacka *et al*, 2013; Idris 2005).

Metode- metode diatas yang paling sering digunakan adalah *footprint* dengan menggunakan berbagai macam indeks, diantaranya : *Clarke's angle*, *Chippaux-Smirak Arch*, dan *Sztriter-Godunow* (Woźniacka *et al*, 2013; Idris, 2005). Perhatikan gambar 2.2.5.3.



(Chen, 2011)

Gambar 2.2.5.3 Analisis footprint: (a) *Clarke's angle*= α , (b) *Chippaux-Smirak index*= $B/A \times 100\%$, (c) *Staheli Arch*= $B/C \times 100\%$.

1) *Clarke's angle*

Clarke's angle adalah sudut yang dibentuk oleh garis tangensial dari tepi medial kaki dan garis sejajar metatarsal pertama dan titik kontak pertama *MLA*, berpotongan di kepala metatarsal pertama (Chen *et al*, 2011). Cara menilai sudut Clarke adalah dengan mengukur sudut antara garis singgung ke tepi *medial footprint* dan garis yang menghubungkan bagian yang lebih dalam dari tapak dengan titik paling medial kaki depan (Woźniacka *et al*, 2013).

Perbedaan *MLA* pada posisi berdiri alami antara kaki kanan dan kiri secara statistik tidak signifikan. Pada anak perempuan didapatkan tingkat pertumbuhan yang lebih cepat pada sudut Clarke dibandingkan anak laki- laki berdasarkan

penelitian Woźniacka *et al* (2011). Berikut nilai standart normal sudut Clarke *MLA* berdasarkan usia dan jenis kelamin (tabel 2.1):

Tabel 2.1 Standart <i>Clarke's angle</i> berdasarkan usia		
<i>Age (Years)</i>	<i>Clarke's angle (deg)</i>	
	<i>Girls</i>	<i>Boys</i>
8	33-45	27-42
9	33-45	28-43
10	32-46	30-44
11	32-46,5	31-45
12	32-47	32-46
13	40-48	33-47

(Woźniacka *et al*, 2013)

2.3 Hubungan Ergonomi pada Tas Sekolah terhadap Struktur Anatomis *Medial Longitudinal Arch (MLA)* pada Kaki.

Prinsip ergonomi tas terhadap struktur anatomis tubuh khususnya masalah muskuloskeletal salah satunya adalah Tipe tas dan berat tas yang mempengaruhi distribusi berat pada kaki (Gong *et al*, 2010). Berat tas yang direkomendasikan bagi anak maksimal adalah 10% dari berat tubuh anak, tapi dalam beberapa penelitian menyebutkan bahwa berat tas sebesar 10% berat tubuh sudah dapat mempengaruhi struktur anatomis tubuh khususnya masalah muskuloskeletal (Gong *et al*, 2010; Drzał-Grabiec *et al*, 2013; Forjuoh, Schuchmann dan Lanea, 2004). Selain berat tas, tipe tas juga berpengaruh pada distribusi berat, tas yang penggunaannya bertumpu pada dua pundak dan tas yang bertumpu pada satu pundak akan menimbulkan efek yang berbeda pada tekanan kaki (Gong *et al*, 2010). Tipe tas sekolah pada anak memiliki desain beragam seperti yang ditunjukkan pada gambar ilustrasi 2.3a.



(Hardie, 2015)

Gambar 2.3.a Gambar tipe tas sekolah yang sering digunakan anak usia sekolah, a. *Backpack*, b. *Single shoulder bag*

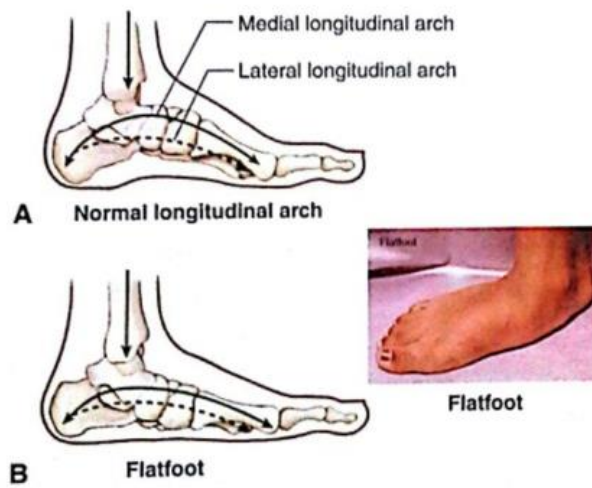
Kaki disusun tidak kurang dari 26 tulang dan lebih dari 30 artikulasi yang memungkinkan kaki melakukan tiga fungsi dasarnya (mendukung, shock absorbing, dan bantalan berat) (Woźniacka *et al*, 2013). Kaki tidak dapat menahan berat tanpa adanya bentukan melengkung pada kaki. Lengkung- lengkung kaki dipertahankan oleh : 1. Bentuk tulang, 2. Ligamentum- ligamentum kuat, dan 3. Tonus otot. Sebagaimana saat menopang berat badan, saat posisi berdiri diam berat akan didistribusikan melalui tumit belakang dan caput ossis metatarsi di depan (Snell Richard, 2006). Tulang- tulang tersebut tersusun saling mengait sehingga dapat menopang satu sama lain, dan mempertahankan bentukan lengkungan pada kaki yang disebut arcus pedis (Moore dan Dalley, 2013).

Struktur lain yang mendukung saat kaki menerima beban tas adalah otot- otot kaki yang terdiri dari 4 lapisan otot dalam empat kompartemen. Pada saat tumit

kaki (ujung *posterior arcus*) menerima beban maka otot akan menahan kekuatan dengan cenderung menurunkan *arcus longitudinalis* yang kemudian dipindahkan ke *anterior* yaitu pada *ball of the foot* dan ibu jari kaki (Moore dan Dalley, 2013).

Lengkung kaki (*arcus pedis*) juga ditopang oleh tiga ligamen utama pada kaki yaitu *Ligamentum calcaneonaviculare plantare*, *ligamentum plantare longum* dan *ligamentum calcaneocuboideum plantare* (Moore dan Dalley, 2013). Pada *arcus longitudinalis medialis*, *ligamentum calcaneonaviculare* dan ligamen- lgemen lain yang lebih kuat dan lebih besar dari *ligamentum- ligamentum dorsalis* menyatukan (mengikat) pinggir- pinggir bawah tulang penyusunnya untuk mempertahankan bentuk melengkung (Snell, 2006).

Dampak yang akan muncul karena penggunaan tas yang tidak tepat dari jenis maupun berat adalah terjadinya deformitas pada bentuk kaki anak khususnya pada lengkung kaki. Deformitas yang erat kaitannya adalah *Flatfoot* pada kaki. Deformitas ini dapat bersifat sementara (*fleksibel flatfoot*) dengan adanya keluhan nyeri pada tumit ketika memakai tas dalam waktu lama dan jangka panjangnya dapat menyebabkan deformitas yang permanen (*rigid flatfoot*) dengan disertai rasa nyeri walaupun tidak memakai tas, apabila hal tersebut terjadi terapi yang dapat dilakukan hanya operasi. (Drzał-Grabiec *et al*, 2013; Moore dan Dalley, 2013). Bentuk lengkung kaki manusia dapat dilihat pada gambar 2.3c.



(Patton edisi 20)

Gambar 2.3.b (a) Lengkung normal kaki, (b) *Flatfoot*

